

UNIVERSIDAD DEL SALVADOR

Facultad de Ciencias de la Educación y de la Comunicación Social

Doctorado en Ciencias de la Comunicación Social

Director de Tesis: Dr. Miguel Ritter

Tesis doctoral

## Gestión de la incertidumbre en comunicación corporativa

**Estudio sobre un modelo de diseño estratégico de comunicación basado en la gestión dinámica de los vínculos entre la organización y sus públicos.**

Lic. Marcelo Manucci



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

Buenos Aires, 20 de diciembre de 2004

# Índice

Introducción	5
Capítulo 1: La incertidumbre como espacio de intervención	
<b>1. 1 Percepción, complejidad y definiciones de la realidad</b>	<b>7</b>
1.1.1 La estructura del paradigma mecánico. Ciencia y modernidad.	9
1.1.1.1 La física newtoniana, el logro supremo del siglo XVII.	12
1.1.2 La fisura del paradigma mecánico y la irrupción de la complejidad.	15
1.1.2.1 El encuentro entre el átomo y el observador. El paradigma cuántico.	16
<b>1. 2 La incertidumbre desde nuevos paradigmas</b>	<b>21</b>
1.2.1 El orden del desorden. El paradigma del caos.	22
1.2.1.1 Atractores y fractales. El orden subyacente del caos.	25
1.2.2 Autoorganización espontánea lejos del equilibrio.	29
1.2.2.1 Azar y necesidad. El límite del caos.	31
<b>1. 3 La dinámica de las intervenciones en la incertidumbre</b>	<b>33</b>
1.3.1 Las interrupciones integradas. Sistema, interrelaciones y organización.	34
1.3.1.1 De la eficiencia al desarrollo. El observador observado.	38
1.3.2 Pensamiento complejo. Principios de acción en la complejidad.	43
<b>1. 4 La incertidumbre más allá del horizonte predictivo, síntesis y conclusión</b>	<b>46</b>
Capítulo 2: Organizaciones, complejidad y comunicación	
<b>2. 1 La realidad corporativa como sistema complejo</b>	<b>50</b>
2.1.1 El desarrollo corporativo entre el control y la recursividad.	51
2.1.2 La dinámica corporativa y la construcción del horizonte predictivo.	61
<b>2. 2 La comunicación más allá de la información</b>	<b>66</b>
2.2.1 La comunicación en las organizaciones complejas.	68
2.2.2 Del ruido a la incertidumbre. Percepción y construcción de conceptos.	72
2.2.3 Comunicación Corporativa. De la imagen a la reputación	77
<b>2. 3 Futuro y discontinuidad. Síntesis y conclusión</b>	<b>85</b>

Capítulo 3: Estudio teórico sobre un modelo de gestión de la  
incertidumbre en comunicación corporativa

<b>3. 1 De la transmisión a la construcción de significados</b>	<b>90</b>
3.1.1 Desarrollo de significados corporativos. El territorio de credibilidad.	91
3.1.2 La realidad emergente como espacio de interacción.	92
3.1.3 La estrategia como interfaz en la realidad emergente.	96
3.1.4 Diseñar significados en la realidad emergente.	98
<b>3. 2 El Método de Matrices para el diseño de la estrategia</b>	<b>104</b>
3.2.1 La estructura conceptual de Método. Proceso de trabajo.	106
3.2.2 Estructura de las matrices.	109
3.2.3 Definición de las variables y dinámica interna de las matrices.	114
3.2.4 Aplicación de las matrices en el diseño de la estrategia.	115
3.2.4.1 Definición de la propuesta.	116
3.2.4.2 Definición de los públicos.	117
3.2.4.3 Definición de las acciones estratégicas.	118
3.2.4.4 Definición de los indicadores de proceso.	119
3.2.5 Análisis de un caso testigo. Fundación Chirigua (Colombia).	120
3.2.5.1 Presentación del caso Fundación Chirigua	121
3.2.5.2 La Fundación Chirigua y su entorno	121
3.2.5.3 Desarrollo de la experiencia	123
3.2.5.3 Conclusiones de la experiencia	124
 Conclusión	 126
Bibliografía	129
Apéndice (en formato digital)	140
Glosario	141





## Agradecimientos

*A mi Director de Tesis, el Dr. Miguel Ritter, porque me permitió bucear en la incertidumbre y construir una mirada personal a partir del caos y la complejidad.*

*A mis compañeros de doctorado que en los dos años de cursado me brindaron un espacio de confianza para desplegar la incertidumbre sin temor a la incertidumbre.*

*A Silvana y Camila, mi esposa e hija, sin cuya presencia hubiese sido muy difícil sostener la incertidumbre.*

# Introducción

Este trabajo es la síntesis de un recorrido personal en el cual convergen varias disciplinas en diferentes experiencias laborales y educativas. La reflexión acerca de la realidad, la construcción de significados y la incertidumbre surge en mi carrera haciendo una formación de postgrado en pensamiento sistémico, dentro la escuela de Palo Alto hace 13 años, cuando conocía los planteos de autores como Heinz von Foerster, Ernst von Glasersfeld y Paul Watzlawick, entre otros. Posteriormente, en la búsqueda de un marco teórico que me permitiera llevar adelante mi práctica profesional en comunicación corporativa, comienzo a incorporar los planteos más conmovedores de la Teoría del Caos, hace unos 7 años. Los conceptos de Ilya Prigogine, David Bohm, John Briggs y David Peat, entre otros, me brindaron la posibilidad de pensar la incertidumbre y la complejidad como procesos inherentes a la vida de las personas y las organizaciones. En mis años de trabajo como consultor en organizaciones durante 10 años, algunos en períodos muy difíciles de la Argentina, la inestabilidad y la incertidumbre fueron sensaciones personales intensas ante las cuales sólo podía esbozar algunas respuestas teóricas y pocos recursos metodológicos para transitar esos momentos.

Los diversos caminos recorridos junto a la lectura y la experiencia intuitiva encontraron una síntesis y un punto de reflexión en la hipótesis de esta tesis: *¿es posible gestionar la incertidumbre en la comunicación de las organizaciones?* En la formulación de esta pregunta ya había abandonado la arrogancia del control por la cautela de la gestión. Con las experiencias de años anteriores había aprendido que es imposible controlar los saltos cualitativos que las personas y las organizaciones generan en su vida cotidiana. De todas maneras este cambio de concepción, del control a la gestión, lejos de brindarme un marco de estabilidad me llevó a nuevos horizontes y nuevos cuestionamientos. La hipótesis de este trabajo de investigación se fue desgranando en nuevas preguntas que llegan hasta los territorios epistemológicos de cuatro disciplinas que conforma el marco teórico de este trabajo: Teoría Cuántica, Teoría del Caos, Pensamiento Sistémico y Pensamiento Complejo.

Con conceptos tomados de estos cuerpos teóricos procuramos caracterizar una mirada sobre la realidad, la incertidumbre y los contextos inestables. El objetivo de esta tesis es proponer un modelo de gestión de la incertidumbre que posibilite una redefinición de la comunicación corporativa y de las relaciones entre la organización y su entorno; entre la organización y sus públicos. Por lo tanto, uno de los propósitos de este trabajo es revisar determinados parámetros sobre los cuales se sustentan los modelos de comunicación estratégica en las organizaciones. El supuesto con los cuales abordamos esta revisión es que los modelos de comunicación están basados en una concepción de causalidad, linealidad, tiempo y espacio que están cambiando en el ámbito de otras ciencias.

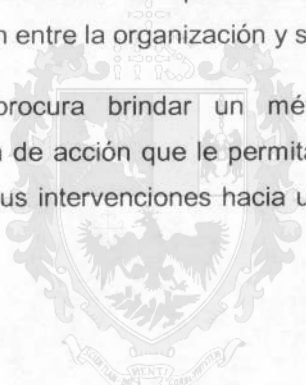
En el primer capítulo de esta tesis, desde el marco teórico propuesto, procuramos reflexionar acerca de la incertidumbre como espacio de intervención para lo cual se abordará la

transformación de algunos postulados de las ciencias físicas sobre la concepción de realidad, de inestabilidad, de complejidad y el rol del observador en la definición los fenómenos analizados.

En el segundo capítulo analizaremos la estructura de las organizaciones desde los conceptos propuestos en el marco teórico. Nuevas preguntas trazan un recorrido en este capítulo. ¿Qué sucede en el análisis de las organizaciones cuando las abordamos desde estos nuevos conceptos? Si abandonamos la clásica visión “máquina” de las organizaciones, ¿cómo podemos caracterizar su estructura? Y finalmente, ¿al cambiar el marco teórico de análisis de las organizaciones qué sucede con la comunicación?; ¿cuál es el lugar de la comunicación cuando las organizaciones dejan de ser máquinas?

En el tercer capítulo procuramos diseñar y proponer un modelo de gestión dinámica de las relaciones entre la organización y sus públicos cuyos fundamentos epistemológicos surgen de la integración de conceptos tomados de las cuatro disciplinas mencionadas anteriormente. En el desarrollo del modelo intentaremos definir el espacio de intervención de la comunicación estratégica y la dinámica de interacción entre la organización y sus públicos.

Finalmente nuestro trabajo procura brindar un método para la gestión de la incertidumbre y aportar una estructura de acción que le permita a la organización un proceso paulatino para orientar y administrar sus intervenciones hacia un contexto inestable, cada vez más complejo e incierto.



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR



# La incertidumbre como espacio de intervención

## 1.1 Percepción, complejidad y definiciones de la realidad

Este capítulo procura caracterizar la incertidumbre trazando un recorrido sobre diferentes miradas de la realidad desde Galileo hasta la actualidad y sus implicancias epistemológicas en la construcción de modelos y paradigmas.<sup>1</sup> ¿En qué pensamos cuando nos referimos a la incertidumbre? ¿Es posible caracterizar un espacio incierto? ¿Qué significa definir la incertidumbre como espacio de intervención? Estas preguntas constituyen nuestro propósito inicial para problematizar acerca de los modelos de realidad y su determinación en el diseño de intervenciones.

Mirar la realidad implica una trama compleja donde los fenómenos se entrecruzan con ideas, experiencias, expectativas, emociones y actitudes. Desde este abigarrado tapiz las personas trazamos un espacio de acción en el presente y proyectamos un horizonte en el futuro. David Bohm sostiene que “una teoría es una manera de mirar el mundo y no una forma de conocimiento de lo que **es** el mundo”<sup>2</sup>. Las teorías están en la base de la percepción y definen los diseños de los modelos a través de los cuales se realizan intervenciones en la realidad.

En este recorrido, para definir la incertidumbre como espacio de intervención tomaremos postulados teóricos de cuatro disciplinas: Física cuántica, Teoría del Caos, Pensamiento sistémico y Pensamiento complejo. Vamos a concentrar nuestro análisis en el alcance epistemológico de los planteos de estos paradigmas para el desarrollo de nuevas miradas de la realidad.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> En este sentido, tomamos la definición de paradigmas de Thomas Kuhn como: “*realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica.*” Kuhn, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura Económica. México, 1993. p. 13.

<sup>2</sup> “*La palabra Teoría, procede del griego **theoria**, que tiene la misma raíz que **teatro**, una palabra que significa **ver o hacer un espectáculo.**” Bohm, David. *La totalidad y el orden implicado*. Kairós (4º Edición). p. 22. *Las negritas corresponden al texto original.**

<sup>3</sup> Véase a Kuhn cuando señala que los científicos al estar guiados por nuevos paradigmas, “*ven cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos conocidos y en lugares en los que ya habían buscado antes.*” Kuhn, Th. “Capítulo X. Las revoluciones como cambios del concepto de mundo”, en *La estructura de las revoluciones científicas*. Op. cit. p. 176.

Los postulados de las disciplinas citadas constituyen cuerpos teóricos en estado de debate y redefiniciones constantes. El traslado de conceptos desde la física cuántica o de la teoría del caos hacia las ciencias sociales es un territorio controvertido. Para algunos pensadores los postulados teóricos de estas disciplinas posibilitan un encuentro entre las ciencias tradicionalmente llamadas "duras" y "blandas" y el inicio de una nueva etapa en el conocimiento científico.<sup>4</sup> Otros son más cautos y advierten sobre las "modas" de los conceptos importados. Para estos pensadores el traslado de definiciones desde estas disciplinas constituye una dificultad para las competencias del investigador en ciencias sociales "que muchas veces toma estos conceptos sin saber muy bien que hay detrás de ellos."<sup>5</sup>

Desde nuestro punto de vista consideramos dos aspectos sobre los cuales basamos la aplicación de algunos postulados de estos cuerpos teóricos al análisis de nuestro objeto de estudio. En principio, muchos conceptos de estas disciplinas se pueden considerar como puntos disruptivos, puntos de inflexión, en el desarrollo de las ciencias. Siguiendo a Kuhn podríamos considerar la aparición de muchos de estos conceptos como irrupciones que generaron "revoluciones científicas"; entendiendo como tal "episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte por otro nuevo".<sup>6</sup>

El segundo aspecto de convergencia de estas disciplinas en nuestro trabajo es el cambio de escala en el objeto de estudio respecto de las ciencias clásicas que se produce a partir del siglo XX. Cuando la física se introduce en la realidad del átomo y estudia su composición, una nueva perspectiva de la naturaleza emerge en el campo de las ciencias. La transferencia de lo macro a lo micro cambió la visión de la ciencia respecto de las leyes mecánicas y el reduccionismo. Con el cambio de escala del objeto de estudio aparecieron los límites de un edificio que estuvo en pie desde el siglo XVII, hasta los primeros años del siglo XX, donde comienza a sufrir las primeras fisuras con la aparición de la Teoría de la Relatividad.

Este cambio de escala también lo encontramos hoy en el estudio de las organizaciones sociales. La mirada científica de las organizaciones, heredadas de Taylor, reducían la complejidad a procesos y mecanismos cerrados. Al igual que algunos de los postulados de la

---

<sup>4</sup> Desde la teoría del caos, esta idea está presente en: Ilya Prigogine e Isabel Stengers (1997) David Peat y John Briggs (1989). Desde los postulados de la física cuántica en Fritjof Capra (1982), Danah Zohar (1990), En el ámbito de las organizaciones: Margareth Wheatley (1988) Ralph Stacey (1993). Desde el pensamiento complejo en Edgar Morin (1993). (N. del A.)

<sup>5</sup> Véase los interrogantes que genera el traslado de un problema matemático a una metáfora sobre procesos de la naturaleza, en Mikulecky, D. C. *A Close Look at a New Science: Chaos as Science or Science in Chaos?* Department of Physiology. Medical College of Virginia Commonwealth Univ. Richmond, 2000. <http://www.people.vcu.edu/~mikuleck/chaos2.htm>

<sup>6</sup> Kuhn, Th. *Op. cit.* p. 149.



mecánica clásica, estos conceptos comenzaron a ser cuestionados tras el impacto de los cambios en el mundo en las últimas décadas del siglo XX.<sup>7</sup>

Estas disciplinas han marcado puntos disruptivos a partir de momentos en los que la estructura científica se encontró en una encrucijada; ante una "crisis de percepciones" tal como lo define Fritjof Capra. Cada una de estas disciplinas ha sido una respuesta de las ciencias a determinados momentos de incertidumbre. Nuestro objetivo es tomar la estructura metafórica de estas disrupciones epistemológicas e integrarlas a un objeto de estudio: la incertidumbre como espacio de intervención.

El marco teórico de esta tesis está compuesto de "migraciones" que desde otras disciplinas ajenas a la comunicación brindan nuevos recursos para pensar acerca de la incertidumbre en comunicación. En este sentido, seguimos los postulados de Morin cuando considera la circulación de ciertas nociones y conceptos que atraviesan las fronteras de sus campos disciplinarios donde han nacido<sup>8</sup> y tomamos algunos conceptos significativos derivados de estas disciplinas los que integramos experimentalmente en una nueva mirada de las organizaciones, su espacio, su tiempo y sus relaciones.

### 1.1.1 La estructura del paradigma mecánico. Ciencia y modernidad

La Filosofía de las Ciencias ubica el inicio del pensamiento moderno entre los siglos 1500 y 1700. En este período de tiempo se produce un cambio radical en la mentalidad de las personas y en la visión de la realidad. Tal como sostiene Capra: "la nueva mentalidad y la nueva percepción del mundo le dieron a nuestra sociedad los rasgos que caracterizan la era moderna".<sup>9</sup> Esta evolución del pensamiento fue resultado de varios cambios en el campo de la física y de la astronomía que culminaron con las teorías de Copérnico, Galileo y Newton.

Karl Popper plantea una lista de diez de los más importantes programas de investigación que han influido en la evolución de la Física "desde Pitágoras y Heráclito; y sobre todo Parménides, cuando **el problema del cambio** se convirtió en el problema fundamental de la metafísica y de la física."<sup>10</sup> De los diez programas que describe el autor nos centraremos en

<sup>7</sup> Véase el análisis de Sérieyx acerca de los cambios: "*La mundialización de los intercambios y la competencia, la puesta en redes mundiales de la información, el derrumbe de las grandes ideologías estructurantes, la aceleración de los fenómenos migratorios, el debilitamiento de numerosos referentes morales han hecho crecer en muy poco tiempo el grado de complejidad y de incertidumbre de nuestras sociedades.*" Sérieyx, Hervé. *El big bang de las Organizaciones*. Granica. Bs. As., 1999. p. 81.

<sup>8</sup> Morin, Edgar. "Sobre la interdisciplinariedad", en *Revista complejidad*. Año 1, N°1. Bs. As., 1995.

<sup>9</sup> Capra, Fritjof. *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*. Troquel. Bs As, 1992. p. 55.

<sup>10</sup> Véase el desarrollo en Popper, Karl R. *Teoría cuántica y el cisma en Física. Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Vol. III. Tecnos. 2ª Edición. Madrid, 1992. p. 178. *Las negritas corresponden al texto original.*

tres de ellos donde están presentes los pensadores y los conceptos que vamos a tomar en este punto.

Proceso	Científicos	Postulados
<i>La física del Renacimiento</i>	Copérnico, Bruno, Galileo, Descartes	<i>Es en gran medida la restauración de la cosmología geométrica de Platón, de sus causas antecedentes y su método hipotético deductivo.</i>
<i>El mundo como reloj</i>	Hobbes, Descartes, Boyle	<i>La esencia o forma de la materia es idéntica a su extensión espacial. Todos los cambios cualitativos son movimientos cuantitativos de la materia.</i>
<i>Dinamismo</i>	Newton	<i>Toda causación física se explica o por el empuje o por fuerzas centrales de atracción. Todo cambio de un estado físico depende funcionalmente de otro.</i>

Tabla 1.1 – Fuente: elaboración propia basada en Poper (1992: 178)

Galileo fue el primero en utilizar la experimentación científica junto con el lenguaje matemático para formular leyes. Para Galileo, “la filosofía está escrita ante nosotros como un gran libro que para descifrar es necesario entender el lenguaje de la matemática.”<sup>11</sup> En el Siglo XVI Galileo estableció la ley del movimiento para la caída de los cuerpos y “reconoció que la fuerza es la única causa del cambio de velocidad de un cuerpo.”<sup>12</sup> Además de la formulación técnica, este episodio conlleva un significado epistemológico importante: “Galileo encontró por vía experimental que estas leyes (la ley de la caída de los cuerpos) contradecían absolutamente lo que enseñaba Aristóteles y todo el mundo consideraba una verdad inmutable.”<sup>13</sup> Así introduce en el pensamiento científico dos facetas que se convertirán en las características dominantes de la ciencia en el siglo XVII: el enfoque empírico y la descripción matemática de la naturaleza.

Para el físico Clemente Nóbrega, Galileo dio un salto en el pensamiento científico cuando abandona la búsqueda de las justificaciones y se concentra en la descripción de los

<sup>11</sup> Randall, John H. *The Making of the Modern Mind*. Columbia University Press. New York, 1976. Citado en Capra, F. *El punto crucial*. Op. cit. p. 57.

<sup>12</sup> Carbón Posse, Eduardo. *La Teoría del Caos. ¿Caprichosas leyes del azar?* Longseller. Bs. As., 2001. p. 32.

<sup>13</sup> Gurev, G.A. *Los Sistemas del Mundo. Desde la antigüedad hasta Newton*. Ed. Problemas S.A. Bs. As. 1947. p. 246.

movimientos de los cuerpos. Galileo “focalizó la atención en **cómo** los objetos en caída se comportan y no en **porqué** se comportan de esa manera”<sup>14</sup>. Bertrand Russel sostiene que Galileo al fulminar la interpretación griega de las cosas, dejó un vacío en su lugar.<sup>15</sup> El no dejó nada parecido a un cuerpo de teoría científica, o por lo menos un conjunto de ideas que ayudasen un poco a entender el mundo.<sup>16</sup>

Con sus descripciones y formulaciones Galileo cuestiona la “autoridad” que garantizaba la explicación de los procesos naturales en el mundo medieval. Irrumpen los procesos de la naturaleza como un universo complejo para el cual el lenguaje aristotélico ya no tenía todas las respuestas. La profunda revolución llevada a cabo por Galileo, siguiendo a Agazzi, puede sintetizarse en dos aspectos principales. “Por una parte el **objeto** de la investigación fundamental dejó de ser la esencia de las cosas, para pasar a ser las relaciones entre los fenómenos. Por otra parte, el **método** seguido hasta entonces por la investigación, basado en la aplicación lógico-formal, fue sustituido por el empleo de la inducción experimental asociada con la elaboración matemática de los resultados de la experiencia.”<sup>17</sup>

Contemporáneo a Galileo, en Inglaterra Francis Bacon desarrollaba una teoría basada en la experimentación científica. Bacon fue el primero en formular una teoría acerca del procedimiento inductivo que consiste en extraer una conclusión a partir de un experimento y luego confirmarla con otros experimentos. El aporte de Bacon al desarrollo del pensamiento científico es el desarrollo del método experimental, “lo cual tiene implicancias en el esbozo de una nueva mentalidad y de nuevos objetivos que están en la base del conocimiento del mundo natural cada vez más independientes de posiciones filosóficas preconstituidas.”<sup>18</sup>

Kant señala que con la revolución metodológica de Galileo y de Bacon, al separarse de la filosofía, “la física ha podido encontrarse por primera vez sobre la vía segura de la ciencia, mientras que durante los siglos anteriores no había hecho otra cosa que moverse a tientas.”<sup>19</sup> Bacon describió claramente la importancia del efecto oculto en la causa. Esto lo llevó a su convicción que la ciencia tenía que involucrarse con la investigación y el descubrimiento de procesos latentes de los que depende la acción de cuerpos visibles. En tal sentido postulaba que “la única manera de extender la mano a este reino oculto estaba por vía de las hipótesis

---

<sup>14</sup> Nobrega, Clemente. *Em busca da empresa quântica*. Ediouro (2º ed). Río de Janeiro, 1999. p. 37.

<sup>15</sup> Russel, Bertrand. *The Scientific Outlook*. George Allen & Unwin. London, 1931.

<sup>16</sup> Véase el desarrollo de Fichant y Pécheux sobre “Los efectos de la ruptura Galileana” En: Fichant, Michel; Pécheux, Michel. *Sobre la historia de las ciencias*. Siglo XXI editores. Bs. As., 1971.

<sup>17</sup> Agazzi, Evandro. *Temas y problemas de Filosofía y de la Física*. Herder. Barcelona, 1978. p. 34. *Las negritas corresponden al texto original*.

<sup>18</sup> *ibidem*. (p. 28).

<sup>19</sup> Kant, Immanuel. *Crítica de la razón pura*. Citado en Agazzi, E. *Op. cit.* p. 40.

causales que serían probadas por una revisión sistemática de las consecuencias a ser deducidas de ellas.”<sup>20</sup>

Según Capra, con Bacon la ciencia comenzó a tener como fin un tipo de conocimiento que permitiera dominar y controlar la naturaleza. “La Revolución Científica reemplazo la visión orgánica del mundo con la metáfora del mundo/máquina.”<sup>21</sup> Este proceso fue iniciado con la obra de Bacon y completado por dos grandes pensadores del siglo XVII: Rene Descartes e Isaac Newton.

Descartes comparte con Galileo la concepción que la matemática es el lenguaje de la naturaleza. El método cartesiano es el método analítico que consiste en dividir los pensamientos y los problemas en partes y luego disponerlos en un orden lógico. Descartes lleva la razón a su máxima expresión. La distinción entre mente y cuerpo es uno de los paradigmas más establecidos de la civilización occidental. Descartes propuso una clasificación de los seres existentes de acuerdo con dos esencias fundamentales: **res cogitans y res extensa**. La primera de ella abarca el entero universo de las sustancias espirituales y la segunda el mundo de los entes naturales. De esta manera, “todas las propiedades de los seres materiales deberían poder deducirse a partir de su característica de extensión.”<sup>22</sup>

Para Descartes el mundo era un reloj<sup>23</sup> y los organismos humanos y animales eran máquinas. La base de este postulado, según McMullen, era una “visión pasiva de la naturaleza; que sostuvo su filosofía mecánica.”<sup>24</sup> La concepción del universo creada por Descartes devolvió el concepto de autoridad científica, dándole una estructura conceptual a la ciencia del siglo XVII; pero su idea de una máquina del mundo regida por las leyes matemáticas va a tener una síntesis final con Newton.

#### 1.1.1.1 La física newtoniana, el logro supremo del siglo XVII

La estructura científica elaborada por Newton está rodeada de una leyenda. Cuando Newton estaba sentando en una huerta, una manzana se cayó de uno de los árboles. No hay nada ahora notable sobre esto, las frutas se caen de los árboles todo el tiempo. Antes de Newton, la tendencia de un cuerpo a caerse hacia la tierra era considerada como una propiedad inherente de todos los cuerpos, algo natural, por lo tanto no necesitaba ninguna

<sup>20</sup> Citado en: McMullin, Ernan. “The Impact of Newton’s Principia on the Philosophy of Science”, en *Philosophy of Science*. Published by University of Chicago Press. Sept 2001 v68 p. 279.

<sup>21</sup> Capra, F. *El punto crucial*. Op. cit. p. 59.

<sup>22</sup> Agazzi, E. Op. cit. p. 35.

<sup>23</sup> Véase el desarrollo de Poper “La Teoría del mundo como un reloj”. en *Teoría cuántica y el cisma en Física. Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Op. cit. p. 179.

<sup>24</sup> McMullen, Emerson Th. *The Origin of Descartes’ Mechanical Philosophy*. Department of History. Georgia Southern University. Statesboro, 2003. pp. 127- 143.



explicación particular. La concentración de Newton sobre la caída de los cuerpos "generó una profunda reflexión que cambió la visión convencional del universo de una manera fundamental."<sup>25</sup>

Isaac Newton fue el científico que completó y sintetizó la obra de sus antecesores. Luego que Galileo cuestionara y desestimara la visión griega de la naturaleza, "el mundo estaba lleno de explicaciones incompletas, desprolijas y complejas."<sup>26</sup> Newton desarrolló toda una fórmula matemática del concepto mecanicista de la naturaleza y estableció una teoría matemática del mundo. La humanidad encontraba un nuevo lenguaje que le permitía establecer cierto orden en la interpretación de los procesos de la naturaleza. El paradigma newtoniano se convirtió en la base del pensamiento científico hasta la mitad del siglo XX.<sup>27</sup>

Rosemary Sullivant sostiene que el universo físico era un misterio virtual hasta la emergencia de Isaac Newton. "Con su trabajo conectando fenómenos fragmentados bajo un principio coherente unió las experiencias de científicos anteriores y definió las leyes que gobernarían la mayoría de lo que se observa en el mundo físico."<sup>28</sup> Newton utilizó su método matemático para formular las leyes exactas del movimiento de todos los cuerpos en que influye la gravedad. A estas leyes le dio aplicación universal. El universo newtoniano era un enorme sistema mecánico regido por leyes matemáticas exactas. En su libro "Principia Mathematica Philosophia Naturales" ("Principios Matemáticos de la Filosofía Natural") combina dos métodos que hasta entonces existían como dos fuerzas opuestas en la ciencia del siglo XVII: "el método empírico e inductivo propuesto por Bacon y el racional deductivo representado por Descartes."<sup>29</sup>

Los "Principios" exponen la física como un conjunto de rigurosas proposiciones matemáticas que explican matemáticamente los fenómenos del universo. Moledo sostiene que; "después de ciento cincuenta años de especulación, avances y retrocesos, el mundo estaba explicado."<sup>30</sup> Esencialmente la metáfora del mundo como una máquina, permitía que la realidad fuera considerada como un sistema externo al observador; en el que todos los fenómenos tenían una causa y un efecto determinado que se podían predecir con certeza. Esta

---

<sup>25</sup> Comtex. "The Original Apple Man: Sir Isaac Newton", en *Africa News Service* Oct 24, 2003. Daily Trust/All Africa Global Media

<sup>26</sup> Nobrega, C. (1999) *Op. cit.* p. 39.

<sup>27</sup> Al respecto Fritjof Capra, sostiene que "Newton tenía una comprensión muy superior de las matemáticas a la de cualquiera de sus contemporáneos y que su fórmula del cálculo diferencial para describir el movimiento de los cuerpos sólidos sintetiza magníficamente las obras de Copérnico y Kepler, y también las de Bacon, Galileo y Descartes." En: Capra, F. *El punto crucial. Op. cit.* p. 59.

<sup>28</sup> Sullivant, Rosemary. "When the apple falls: Isaac Newton brought order and understanding to a universe of apparent complexity", en *Astronomy*. Kalmbach Publishing Co. April 1998 v26 n4 p. 54.

<sup>29</sup> Capra, F. *El punto crucial. Op. cit.* (p. 68).

<sup>30</sup> Moledo, Leonardo. *De las tortugas a las estrellas. Una introducción a las ciencias*. A-Z Editora. Buenos Aires, 1994. pp. 86-91.



descripción objetiva de la naturaleza se tornó el ideal de todas las ciencias entre el siglo XVIII y XIX.

Newton retomó las formulaciones sobre el movimiento que Galileo había esbozado pero con otro lenguaje. Declaró que todo movimiento uniforme va a continuar indefinidamente así hasta que alguna cosa interfiera sobre él. El único movimiento que necesitaba explicación o causa, según Newton, era el movimiento que se desviaba de eso. "Eso equivalía a decir que cada vez que vemos algo que no está en movimiento constante en línea recta, es porque hay algo que lo está interfiriendo. **A ese algo lo llamo fuerza.**"<sup>31</sup>

De estas formulaciones se desprende que para cualquier descripción dinámica de un sistema es necesario contar con dos tipos de datos empíricos: "las posiciones y las velocidades de cada uno de los puntos del sistema dado (llamado instante inicial); por otro lado es necesario conocer la naturaleza de las fuerzas dinámicas y actuantes."<sup>32</sup> De esta manera, la importancia de los postulados de Newton radica en que, a través de un cálculo diferencial conociendo el instante inicial, sería posible describir la sucesión de los estados por los que pasaría el sistema. Esta es la base de la concepción determinista de las leyes de la dinámica newtoniana las que plantean que conociendo uno de los estados del sistema, es posible determinar o predecir su situación futura y calcular su estado en cualquier instante posterior.

En 1687, Newton postuló la **Teoría de la Gravitación** a través de la cual sostenía que el movimiento de los cuerpos celestes a lo largo de elipses, como los que se observan en la tierra, "están sujetos a la misma ley, o sea provocados por una misma causa común, por la misma fuerza"<sup>33</sup> La estructura teórica de Newton permitía comprender los fenómenos terrestres con los fenómenos celestes. A partir de Newton se entiende a la gravitación como una propiedad inherente, común a cualquier sustancia. Gurev, plantea: "De esta manera resultó que dicha ley constituía **la primera ley universal**, que abarcaba todo y era absolutamente exacta, que no conocía excepciones, y que era aplicable a todos los cuerpos del universo."<sup>34</sup>

De todas maneras, habiendo podido explicar a través de las leyes de gravitación el comportamiento de todos los cuerpos materiales, de las órbitas de los planetas y los fenómenos celestes, no pudo contestar por qué se atraen. "En las conclusiones generales de los *Principios*, Newton observa que estas explicaciones no alcanzan para explicar la configuración inicial del universo. A causa de ello recurre a la idea de Dios como creador y ordenador del universo."<sup>35</sup> Para Newton, la organización exterior del universo "debía haber obtenido su movimiento de un **primer impulso** desde afuera, bajo la influencia de un

<sup>31</sup> Nobrega, C. (1999). *Op. cit.* p. 41. *Las negritas corresponden al texto original.*

<sup>32</sup> Carbón P, E. *Op. cit.* p. 35.

<sup>33</sup> Gurev, G.A. *Op. cit.* p. 320.

<sup>34</sup> *ibidem.* p. 321. *Las negritas corresponden al texto original.*

<sup>35</sup> Agazzi, E. *Op. cit.* p. 39.

desconocido **principio espiritual**, lo que significaba que, a juicio de él, aquí la cosa no había pasado **sin la mano de Dios**.<sup>36</sup>

En el siglo XVIII con la visión mecanicista del mundo la física se convirtió en la base de todas las ciencias. Los pensadores del siglo XVIII aplicaron la mecánica newtoniana a las ciencias de la naturaleza y a las ciencias sociales. El corazón del paradigma eran las "leyes del movimiento", lo cual configuraba al mundo como una máquina ajustada "que ofrecía la promesa de leyes perdurables, un universo predecible y una creencia fortalecida por la noción que las relaciones entre la causa y efecto son simples, claras y lineales."<sup>37</sup>

### 1.1.2 La fisura del paradigma mecánico y la irrupción de la complejidad

"El edificio newtoniano comenzó a presentar las primeras fisuras en el inicio del siglo XX", plantea Clemente Nobrega.<sup>38</sup> En el comienzo no se percibían las implicaciones de estos primeros momentos pero en los treinta años siguientes la física iba a cambiar radicalmente.

El siglo comenzó con tres formulaciones revolucionarias desarrolladas por hasta entonces un joven y desconocido Albert Einstein que en 1905 publicó tres documentos en el volumen 17 de la revista alemana *Annalen der Physik*. En el primero probaba la existencia de los átomos, algo que nadie había hecho hasta entonces. En el segundo trabajo planteaba una hipótesis revolucionaria para el momento: que la luz está constituida por partículas a las que llamo "fotones"; hasta entonces los físicos consideraban que la luz era un tipo de onda continua. En el tercer escrito desarrollaba la llamada Teoría de la Relatividad donde demostraba que los conceptos de espacio y tiempo que utilizamos son convenciones.

Einstein planteaba en su tercer documento que lo que llamamos espacio y tiempo son entidades relacionadas; la velocidad de cualquier objeto es relativa. Solo tiene sentido hablar de una velocidad relativa a alguna cosa salvo la velocidad de la luz. Esta concepción acaba con la noción de "tiempo absoluto" de Newton que fluye de manera uniforme en todo el universo. El fluir, según la formulación de la relatividad, depende de la velocidad. Así mismo, Einstein también demostró que no hay nada en la naturaleza que pueda llegar a la velocidad de la luz porque a partir de un cierto punto, aquello que está siendo acelerado, comienza a resistir cada vez más a la velocidad. Esa resistencia es lo que los físicos llaman masa. En el último trabajo Einstein demostró que la masa de un objeto cualquiera es equivalente a su energía. Hasta ese momento masa estaba asociada a algo material y energía era un concepto más abstracto. En 1915 radicalizó más su trabajo con la Teoría General de la Relatividad en la que

---

<sup>36</sup> Gurev, G.A. *Op. cit.* p. 323. *Las negritas corresponden al texto original.*

<sup>37</sup> Tetenbaum, Toby J. "Shifting paradigms: from Newton to chaos", en *Organizational Dynamics Spring*. American Management Association. 1998 v26 n4.

<sup>38</sup> Nobrega, C. (1999). *Op. cit.* p. 53.